

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06365

研究課題名（和文）Studying supernova explosions via their neutrino emissions

研究課題名（英文）Studying supernova explosions via their neutrino emissions

研究代表者

ヴァギンズ マーク（Vagins, Mark）

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・教授

研究者番号：90509902

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 120,500,000円

研究成果の概要（和文）：超新星爆発はヘリウムより重いすべての元素の源であるため、生命そのものの存在に関与します。爆発する星自体の内部を調べ、最も完全な全体像を得るには、超新星爆発の可能な限り最良の理論モデルと、超新星ニュートリノの可能な限り最良の実験観測の両方が必要になります。

実験面では、有名なスーパーカミオカンデのニュートリノ検出器をアップグレードしました。これは、超新星ニュートリノに対する検出器の感度を高めるために、大量の特別な元素であるガドリニウムを水に溶解することによって実現されました。理論面では、「京」コンピュータ上で超新星爆発の新たなシミュレーションを実行しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

宇宙のヘリウムより重い元素はすべて、超新星爆発の結果として生成されました。したがって、超新星爆発を理解することは、私たちの存在理由を理解するために必要です。

私たちは、「京」コンピュータのシミュレーションと有名なスーパーカミオカンデニュートリノ検出器の改良を通じて、次の近くの超新星に備えてきました。超新星爆発がどのように起こり、何を生み出すのかについての人類の正確な理解をさらに深めることで、人類が宇宙における自分たちの位置の理解に少し近づくことを目指しています。

研究成果の概要（英文）：Supernova explosions are responsible for the existence of life itself, for they are the source of all elements heavier than helium. The next galactic supernova will provide unprecedented opportunities for scientific study. To look inside the exploding star itself and get the most complete picture, it will be necessary to have both the best possible theoretical models of supernova explosions, as well as the best possible experimental observations of supernova neutrinos.

On the experimental side, we upgraded the famous Super-Kamiokande neutrino detector. This was accomplished by dissolving tons of a special element, gadolinium, in its water in order to make the detector more sensitive to supernova neutrinos. On the theory side, we performed new simulations of supernova explosions on the K-computer. We applied this simulation data to the analysis of neutrino bursts, gravitational waves, and collective oscillations. We made predictions of the neutrino burst events at Super-Kamiokande.

研究分野：ニュートリノ天体物理学

キーワード：ニュートリノ 超新星 シミュレーション 重力波 ガドリニウム

### 1. 研究開始当初の背景

One of the primary sources of near-field gravitational waves (GW), core collapse supernova explosions are among the most dramatic and important events to take place in the universe. Agents of great destruction – anything within 100 light-years is annihilated by the dying star – they are nevertheless responsible for the existence of life itself, for they are the sole source of all elements heavier than helium. Supernovas eject these new elements, among them carbon, nitrogen, oxygen, calcium, and iron, out into space, enriching the interstellar medium and allowing for the formation of rocky, life-bearing planets around subsequent generations of stars. Therefore, understanding these complex explosive events is necessary if we are to understand why we are here, and why the universe looks the way it does today. The next galactic

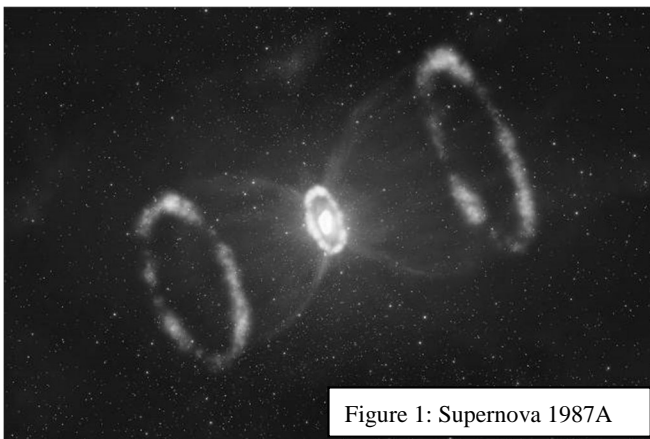


Figure 1: Supernova 1987A

supernova will provide unprecedented opportunities for scientific study.

The detection of a handful of neutrinos from Supernova 1987A (Figure 1) on February 23<sup>rd</sup>, 1987, by the Kamiokande, IMB, and BAKSAN experiments was a pivotal moment in the history of both particle physics and astronomy. For the first time, a distant stellar event had been recorded -

on opposite sides of the planet, yet - using an entirely new messenger; not by sensing visible light or one of its relatives in the electromagnetic spectrum, but rather via the observation of a burst of purely subatomic particles. These neutrino measurements served to confirm the basic theory of supernova explosions and nucleosynthesis, as well as to constrain a number of key parameters regarding the neutrinos themselves (lifetime, mass, speed of travel vs. light, etc.). It was the birth of neutrino astronomy, and for this work Koshihasei famously received the 2002 Nobel Prize in physics.

We now stand at the threshold of another new era in astronomy. Gravitational waves, predicted a century ago by Einstein in his Theory of General Relativity, have finally been observed by LIGO via GW emissions from distant binary black hole mergers. With more frequent and higher precision observations actively being pursued by projects in Japan (KAGRA), the United States (advanced LIGO), and Europe (advanced VIRGO), it is time to understand the sources which give birth to gravitational radiation.

Future far-field GW measurements will come from mergers of binary black holes, mergers of binary neutron stars, and neutron star-black hole mergers. Future near-field GW observations will come from core collapse supernova explosions in our galaxy. What ties the potential sources together are core collapse supernova explosions. In addition to directly producing gravitational waves, these explosions are where black holes and neutron stars themselves are born.

## 2 . 研究の目的

Out of all possible supernova messengers, only gravitational waves and neutrinos are certain to travel through any obscuring dust or gas and remain undiminished upon their arrival at Earth. They are also the only types of radiation released during the stellar collapse itself. The electromagnetic signals typically are made (and arrive at Earth) hours later, as they are generated by the sub-light-speed shockwave impinging on the stellar atmosphere of the dying star well after the explosion is over.

Neutrinos carry information regarding not only the step-by-step stages of stellar collapse; they also tell us about the end state of the star. For explosions within our galaxy, collapses into neutron stars or black holes, the sources of far-field GW, can be differentiated via observations of supernova neutrino emissions.

To make sense of the data so collected, high-quality computational models of the core collapse process are indispensable. Having accurate simulations will allow us to extract even more information from a burst of supernova neutrinos, including the most likely mass of the progenitor star. In short, the world's most advanced supernova numerical simulations are needed.

Recently, first principle calculations of multi-D core collapse supernovas have become possible due to the innovation of solving the 6D Boltzmann equations. These full phase-space simulations can provide essential inputs in predicting detector response. Neutrino signals are being generated using these cutting-edge simulations in collaboration with the C01 group with the aim of extracting the explosion mechanism from a future detection of supernova neutrinos.

Due to *a priori* uncertainties in the magnitude of the as-yet-unobserved near-field GW signal (the more asymmetric the stellar detonation the better), in the case of a galactic supernova its neutrino burst would almost certainly be the first recognizable indication that an explosion was under way. In order to maximize the power of their own observations, the international astrophysics and GW community greatly desires immediate notification of the time and location of an ongoing galactic supernova; a number of international data-exchange networks have been put into place to disseminate such information. We must be ready to announce the explosion as rapidly as possible to the worldwide community. Comparison with reliable, pre-generated theoretical profiles will ensure that our unique neutrino data did indeed come from a genuine explosion, allowing the fastest and most trustworthy alerts to be broadcast around the world.

Therefore, to look deep inside the exploding star itself and get the most complete picture of the genesis of gravitational waves, it will be necessary to have both the best possible theoretical models of supernova explosions, as well as the best possible experimental observations of supernova neutrinos. This proposal is the first coordinated effort to bring supernova theory and experiment together to better understand the origin of gravitational waves.

For decades, many theoretical groups around the world have been trying to properly simulate supernova explosions, and experimental groups have been trying to detect new supernova neutrinos. The goals of this group, by bringing modern theoretical and experimental techniques together, are to do both.

Understanding supernova explosions is necessary for understanding why we exist. By adding to Man's understanding of precisely how supernova explosions occur and what they produce, we aim to bring humanity a bit closer to understanding its place in the universe.

### 3 . 研究の方法

In order to both predict and make sense of the neutrino signals from the next explosion in the Milky Way galaxy, the world's most advanced supernova numerical simulations are needed. Using nuclear data such as equation of state and neutrino reactions, and by solving the 6D Boltzmann equation in 2D/3D, we can provide detailed predictions of the time distribution and energy spectra of supernova neutrinos.

This research proposal's theory *kenkyu-buntansha* (Sumiyoshi) is running the 6D Boltzmann supernova code on the K Computer and has achieved the first principle calculations of neutrino-radiation hydrodynamics in the axially symmetric case. The K Computer is available for Sumiyoshi and collaborators for basic research through the Post-K project running through 2020. We will make 2D simulations more systematic and extend our efforts to 3D.

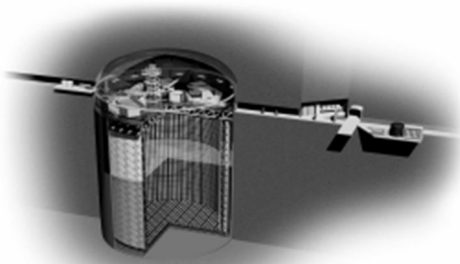


Figure 2: Super-Kamiokande

Meanwhile, to verify these complex computational models, we will enrich the famous Super-Kamiokande [Super-K, SK] detector with gadolinium [Gd] salt, a technology invented by this research proposal's PI (Vagins). Adding Gd to SK turns it into the world's most advanced supernova neutrino detector, capable of real-time tagging and identification of individual supernova

neutrino interactions with nanosecond-scale time resolution. This will make the diffuse supernova neutrino background [DSNB] flux from all past supernova explosions visible for the first time. Following two years of preparation and refurbishment, starting in 2020 a Gd-loaded SK will collect a steady stream of supernova neutrino data, the first new SN data in over 30 years.

The new experimental measurements made possible by gadolinium will then be fed into the theoretical models, testing their predictions using real supernova neutrino data and allowing us to better prepare for the next nearby supernova explosion. The models will be refined as needed and as indicated by the past supernova data. The gadolinium-loading of Super-Kamiokande will also greatly improve the detector's response to a nearby supernova. Therefore, both experimentally and theoretically, we will be well-prepared and ready for it.

We have exclusive access to the world's most sensitive supernova neutrino detector, Super-K, and will use the new technology of gadolinium loading to make it even more sensitive. On the theoretical side, we have access to the K Computer and the most advanced supernova modelling techniques for predicting the enhanced SK's response. These are all extremely powerful advantages which only exist in Japan.

#### 4 . 研究成果

EXPERIMENT - On the experimental side, preparations for adding gadolinium salt to Super-Kamiokande began in 2018 with a draining and complete in-tank refurbishment of the 50,000 ton detector. This was a major effort involving not only Super-K collaborators, but also international volunteers from the T2K and Hyper-K Collaborations, plus numerous students. In all, roughly 4,000 person-days of work were needed to prepare the detector. There were four main tasks: replacing the photomultiplier tubes that had failed (a few hundred out of 13,000) since the previous in-tank refurbishment in 2006; fixing a small water leak in the SK tank; cleaning rust and other dirt that had accumulated in the detector since its original completion in 1996; and installing additional water piping to increase the total water flow for increased water purification and to enable better control of the flow direction in the tank.

After refilling the detector with pure water, in the summer of 2020 the first 13.2 tons of ultra radiopure gadolinium sulfate – specially developed for this purpose – were added to Super-K. This all went exactly as planned and precisely on schedule despite COVID-19-related restrictions, which we learned to work with effectively and safely. The first Gd loading brought the efficiency for neutrons from DSNB-induced interactions capturing visibly on Gd to 50%, with the remaining neutrons (still) being captured invisibly on hydrogen in the water. At this point we began to collect new supernova neutrino data and prepare for the next stage of loading. The second loading took place in 2022 with the addition of 26 more tons of  $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ , which increased the visible neutron capture fraction on Gd to 75%.

We have now accumulated over 2.5 years of data with what is essentially a brand-new SK detector. The data are being analyzed in the search for supernova neutrino interactions from extremely distant ( $z=1$ ) explosions, while the ability to see neutrons has enhanced many other physics analyses in SK. Finally, thanks to Gd neutron tagging and more powerful computing, SK's realtime supernova detection capabilities have been enhanced to provide earlier, more useful warning of a galactic SN to the wider community.

THEORY - On the theory side, we performed new simulations of supernova explosions on the K-computer with novel developments of the equation of state and the 3D Boltzmann-Hydro code. As a result, we found an early motion of proto-neutron star through a new mechanism via asymmetric neutrino emission. We made comprehensive analyses of neutrino light curves with Super-Kamiokande and proposed the backward time analysis to extract neutron star properties. We applied the simulation data to the analysis of neutrino bursts, gravitational waves, and collective oscillations.

We successfully prepared a basic set of time evolution of expected supernova neutrino events at SK from supernova and proto-neutron star numerical simulations. We performed the numerical simulations with a new set of data tables for the equation of state to explore the effect of dense matter. We extended the numerical code to perform calculations of the neutrino radiation hydrodynamics with the Boltzmann solver in general relativity. We made predictions of the neutrino burst events at Super-Kamiokande for different sets of equation of state and examined the ability to distinguish the signals. We have also applied the neutrino big data to explore occurrence of collective neutrino oscillation and the Eddington tensor.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計41件（うち査読付論文 41件/うち国際共著 23件/うちオープンアクセス 19件）

1. 著者名 Marti Ll. et. al.	4. 巻 959
2. 論文標題 Evaluation of gadolinium's action on water Cherenkov detector systems with EGADS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 163549 ~ 163549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2020.163549	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ito S, Ichimura K, Takaku Y, Abe K, Harada M, Ikeda M, Ito H, Kishimoto Y, Nakajima Y, Okada T, Sekiya H	4. 巻 2020
2. 論文標題 Improved method for measuring low-concentration radium and its application to the Super-Kamiokande Gadolinium project	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hu Jinniu, Bao Shishao, Zhang Ying, Nakazato Ken' ichiro, Sumiyoshi Kohsuke, Shen Hong	4. 巻 2020
2. 論文標題 Effects of symmetry energy on the radius and tidal deformability of neutron stars in the relativistic mean-field model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Nagele Chris, Umeda Hideyuki, Takahashi Koh, Yoshida Takashi, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 496
2. 論文標題 The final fate of supermassive $M \sim 5 \times 10^4 M_{\text{sun}}$ Pop III stars: explosion or collapse?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1224 ~ 1231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa1636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Harada Akira, Nagakura Hiroki, Iwakami Wakana, Okawa Hirokata, Furusawa Shun, Sumiyoshi Kohsuke, Matsufuru Hideo, Yamada Shoichi	4. 巻 902
2. 論文標題 The Boltzmann-radiation-hydrodynamics Simulations of Core-collapse Supernovae with Different Equations of State: The Role of Nuclear Composition and the Behavior of Neutrinos	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 150 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb5a9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Iwakami Wakana, Okawa Hirokata, Nagakura Hiroki, Harada Akira, Furusawa Shun, Sumiyoshi Kosuke, Matsufuru Hideo, Yamada Shoichi	4. 巻 903
2. 論文標題 Simulations of the Early Postbounce Phase of Core-collapse Supernovae in Three-dimensional Space with Full Boltzmann Neutrino Transport	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 82 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb8cf	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suwa Yudai, Harada Akira, Nakazato Ken'ichiro, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 2021
2. 論文標題 Analytic solutions for neutrino-light curves of core-collapse supernovae	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa154	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sumiyoshi Kohsuke, Fujibayashi Sho, Sekiguchi Yuichiro, Shibata Masaru	4. 巻 907
2. 論文標題 Properties of Neutrino Transfer in a Deformed Remnant of a Neutron Star Merger	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 92 ~ 92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abce63	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mori Masamitsu, Suwa Yudai, Nakazato Ken'ichiro, Sumiyoshi Kohsuke, Harada Masayuki, Harada Akira, Koshio Yusuke, Wendell Roger A.	4. 巻 2021
2. 論文標題 Developing an end-to-end simulation framework of supernova neutrino detection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa185	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Akaho Ryuichiro, Harada Akira, Nagakura Hiroki, Sumiyoshi Kohsuke, Iwakami Wakana, Okawa Hirotada, Furusawa Shun, Matsufuru Hideo, Yamada Shoichi	4. 巻 909
2. 論文標題 Multidimensional Boltzmann Neutrino Transport Code in Full General Relativity for Core-collapse Simulations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 210 ~ 210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abe1bf	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsufuru Hideo, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 12253
2. 論文標題 Acceleration of Boltzmann Equation for Core-Collapse Supernova Simulations on PEZY-SC Processors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 177 ~ 192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-58814-4_13	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Delfan Azari Milad, Yamada Shoichi, Morinaga Taiki, Nagakura Hiroki, Furusawa Shun, Harada Akira, Okawa Hirotada, Iwakami Wakana, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 101
2. 論文標題 Fast collective neutrino oscillations inside the neutrino sphere in core-collapse supernovae	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.023018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する



1. 著者名 Delfan Azari Milad, Yamada Shoichi, Morinaga Taiki, Iwakami Wakana, Okawa Hirotsada, Nagakura Hiroki, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 99
2. 論文標題 Linear analysis of fast-pairwise collective neutrino oscillations in core-collapse supernovae based on the results of Boltzmann simulations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.103011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagakura Hiroki, Sumiyoshi Kohsuke, Yamada Shoichi	4. 巻 878
2. 論文標題 Three-dimensional Boltzmann-hydro Code for Core-collapse in Massive Stars. III. A New Method for Momentum Feedback from Neutrino to Matter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 160 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab2189	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Suwa Yudai, Sumiyoshi Kohsuke, Nakazato Ken'ichiro, Takahira Yasufumi, Koshio Yusuke, Mori Masamitsu, Wendell Roger A.	4. 巻 881
2. 論文標題 Observing Supernova Neutrino Light Curves with Super-Kamiokande: Expected Event Number over 10 s	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 139 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab2e05	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Abbar Sajad, Duan Huaiyu, Sumiyoshi Kohsuke, Takiwaki Tomoya, Volpe Maria Cristina	4. 巻 100
2. 論文標題 On the occurrence of fast neutrino flavor conversions in multidimensional supernova models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.043004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagakura Hiroki, Sumiyoshi Kohsuke, Yamada Shoichi	4. 巻 880
2. 論文標題 Possible Early Linear Acceleration of Proto-neutron Stars via Asymmetric Neutrino Emission in Core-collapse Supernovae	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L28 ~ L28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab30ca	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sotani Hajime, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 100
2. 論文標題 Determination of properties of protoneutron stars toward black hole formation via gravitational wave observations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.083008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sumiyoshi Kohsuke, Nakazato Ken'ichiro, Suzuki Hideyuki, Hu Jinniu, Shen Hong	4. 巻 887
2. 論文標題 Influence of Density Dependence of Symmetry Energy in Hot and Dense Matter for Supernova Simulations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 110 ~ 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab5443	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Furusawa Shun, Togashi Hajime, Sumiyoshi Kohsuke, Saito Koichi, Yamada Shoichi, Suzuki Hideyuki	4. 巻 2020
2. 論文標題 Nuclear statistical equilibrium equation of state with a parametrized Dirac-Brueckner-Hartree-Fock calculation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz135	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Delfan Azari Milad, Yamada Shoichi, Morinaga Taiki, Nagakura Hiroki, Furusawa Shun, Harada Akira, Okawa Hirotada, Iwakami Wakana, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 101
2. 論文標題 Fast collective neutrino oscillations inside the neutrino sphere in core-collapse supernovae	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.023018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Abbar Sajad, Duan Huaiyu, Sumiyoshi Kohsuke, Takiwaki Tomoya, Volpe Maria Cristina	4. 巻 101
2. 論文標題 Fast neutrino flavor conversion modes in multidimensional core-collapse supernova models: The role of the asymmetric neutrino distributions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.043016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shen Hong, Ji Fan, Hu Jinniu, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 891
2. 論文標題 Effects of Symmetry Energy on the Equation of State for Simulations of Core-collapse Supernovae and Neutron-star Mergers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 148 ~ 148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab72fd	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ito S, Okada T, Takaku Y, Harada M, Ikeda M, Kishimoto Y, Koshio Y, Nakahata M, Nakajima Y, Sekiya H	4. 巻 2019
2. 論文標題 Development of a method for measuring rare earth elements in the environment for future experiments with gadolinium-loaded detectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Simpson C. et.al, The Super-Kamiokande Collaboration	4. 巻 885
2. 論文標題 Sensitivity of Super-Kamiokande with Gadolinium to Low Energy Antineutrinos from Pre-supernova Emission	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 133 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab4883	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Abe K. et.al. The Super-Kamiokande Collaboration	4. 巻 857
2. 論文標題 Search for Neutrinos in Super-Kamiokande Associated with the GW170817 Neutron-star Merger	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L4 ~ L4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/aabaca	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zaizen Masamichi, Yoshida Takashi, Sumiyoshi Kohsuke, Umeda Hideyuki	4. 巻 98
2. 論文標題 Collective neutrino oscillations and detectabilities in failed supernovae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103020-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.103020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Koh, Sumiyoshi Kohsuke, Yamada Shoichi, Umeda Hideyuki, Yoshida Takashi	4. 巻 871
2. 論文標題 The Evolution toward Electron Capture Supernovae: The Flame Propagation and the Pre-bounce Electron-Neutrino Radiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 153 ~ 153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaf8a8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nagakura Hiroki, Furusawa Shun, Togashi Hajime, Richers Sherwood, Sumiyoshi Kohsuke, Yamada Shoichi	4. 巻 240
2. 論文標題 Comparing Treatments of Weak Reactions with Nuclei in Simulations of Core-collapse Supernovae	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 38 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/aafac9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Harada Akira, Nagakura Hiroki, Iwakami Wakana, Okawa Hirotsada, Furusawa Shun, Matsufuru Hideo, Sumiyoshi Kohsuke, Yamada Shoichi	4. 巻 872
2. 論文標題 On the Neutrino Distributions in Phase Space for the Rotating Core-collapse Supernova Simulated with a Boltzmann-neutrino-radiation-hydrodynamics Code	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 181 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab0203	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Matsufuru Hideo, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 10962
2. 論文標題 Simulation of Supernova Explosion Accelerated on GPU: Spherically Symmetric Neutrino-Radiation Hydrodynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ICCSA 2018	6. 最初と最後の頁 440 ~ 455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-95168-3_30	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsufuru Hideo, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 none
2. 論文標題 Accelerating Numerical Simulations of Supernovae with GPUs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Sixth International Symposium on Computing and Networking Workshops (CANDARW)	6. 最初と最後の頁 263~266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CANDARW.2018.00056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ammazzalorso Simone, Fornengo Nicolao, Horiuchi Shunsaku, Regis Marco	4. 巻 98
2. 論文標題 Characterizing the local gamma-ray Universe via angular cross-correlations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103007-1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.103007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shirasaki Masato, Macias Oscar, Horiuchi Shunsaku, Yoshida Naoki, Lee Chien-Hsiu, Nishizawa Atsushi J.	4. 巻 97
2. 論文標題 Correlation of extragalactic rays with cosmic matter density distributions from weak gravitational lensing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 123015-1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.123015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang B. Theodore, Murase Kohta, Kimura Shigeo S., Horiuchi Shunsaku, Meszaros Peter	4. 巻 97
2. 論文標題 Low-luminosity gamma-ray bursts as the sources of ultrahigh-energy cosmic ray nuclei	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 083010-1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.083010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sugiura Ken'ichi, Takahashi Kazuya, Yamada Shoichi	4. 巻 874
2. 論文標題 Linear Analysis of the Shock Instability in Core-collapse Supernovae: Influences of Acoustic Power and Fluctuations of Neutrino Luminosity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 28 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab08a2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujisawa Kotaro, Okawa Hirota, Yamamoto Yu, Yamada Shoichi	4. 巻 872
2. 論文標題 Effects of Rotation and Magnetic Field on the Revival of a Stalled Shock in Supernova Explosions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 155 ~ 155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaffdd	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirai Ryosuke, Podsiadlowski Philipp, Yamada Shoichi	4. 巻 864
2. 論文標題 Comprehensive Study of Ejecta-companion Interaction for Core-collapse Supernovae in Massive Binaries	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 119 ~ 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aad6a0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakazato Ken'ichiro, Suzuki Toshio, Sakuda Makoto	4. 巻 2018
2. 論文標題 Charged-current scattering off the 160 nucleus as a detection channel for supernova neutrinos	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1~14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/pty134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ito S, Takaku Y, Ikeda M, Kishimoto Y	4. 巻 113H01
2. 論文標題 Determination of trace levels of uranium and thorium in high purity gadolinium sulfate using the ICP-MS with solid-phase chromatographic extraction resin	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 43111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptx145	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sekiya Hiroyuki	4. 巻 888
2. 論文標題 Supernova neutrinos in SK-Gd and other experiments	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012041 ~ 012041
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/888/1/012041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計130件 (うち招待講演 77件 / うち国際学会 78件)

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Investigation of Supernova Mechanism via Neutrinos : Experiment
3. 学会等名 Gravitational Wave Genesis Innovative Area 4th Annual Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 DSNB Detection with a Gadolinium-loaded Super-Kamiokande
3. 学会等名 SNEWS20 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Observing Supernova Neutrinos... Within the Next Two Years
3. 学会等名 Kavli IPMU Astro Day 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Lluís Magro Martí
2. 発表標題 Status of the SK-Gd project
3. 学会等名 ICHEP 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小汐由介
2. 発表標題 中性カレントニュートリノ検出計画
3. 学会等名 日本物理学会・シンポジウム「軽中重 核の電弱励起・崩壊と宇宙物理」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤慎太郎
2. 発表標題 SK-Gd における硫酸ガドリニウム中の不純物測定の最新結果
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Lluís Magro Martí
2. 発表標題 Gd sulfate concentration profile in the Super-Kamiokande
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中畑雅行
2. 発表標題 スーパーカミオカンデによるニュートリノ研究の新展開
3. 学会等名 CRC town meeting (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sumiyoshi
2. 発表標題 Recent progress of neutrino transfer and equation of state
3. 学会等名 PHAROS WG1+WG2 Workshop: neutron star equation of state and transport properties (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 重力崩壊型超新星爆発の数値シミュレーションによる研究
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 連星中性子星合体後の高密度天体におけるニュートリノ輻射輸送の性質
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Harada
2. 発表標題 Progress of the Boltzmann-radiation-hydrodynamics Simulations for Core-collapse Supernovae (C02 theory report)
3. 学会等名 The Fourth Annual Area Symposium Online (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Harada
2. 発表標題 Core-collapse Supernova Simulations with the Boltzmann-neutrino transport using the SN method
3. 学会等名 CHALLENGES AND INNOVATIONS IN COMPUTATIONAL ASTROPHYSICS - II (ChaICA - II) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 SN法を用いたボルツマン輻射流体コードによる高速回転星の重力崩壊シミュレーション
3. 学会等名 日本天文学会2021年春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 スーパーカミオカンデによる超新星ニュートリノの観測テンプレートの開発
3. 学会等名 令和2年度東京大学宇宙線研共同利用研究成果発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Harada
2. 発表標題 Core-collapse simulations of rapidly rotating progenitors by Boltzmann-radiation-hydrodynamics code
3. 学会等名 Black Hole Astrophysics with VLBI: Multi-Wavelength and Multi-Messenger Era (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 高速回転星重力崩壊のボルツマン-ニュートリノ輻射流体シミュレーション
3. 学会等名 新学術「地下宇宙」第7回超新星ニュートリノ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 ボルツマン輻射流体コードによる高速回転星の重力崩壊シミュレーション
3. 学会等名 「ニュートリノで拓く素粒子と宇宙」研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 Boltzmann-radiation-hydrodynamics simulations of the core collapse of rapidly rotating stars
3. 学会等名 第33回 理論懇シンポジウム「理論天文学・宇宙物理学のブレイクスルー」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 高速回転星重力崩壊のボルツマン輻射流体シミュレーション
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Matsufuru
2. 発表標題 Acceleration of Boltzmann Equation for Core-Collapse Supernova Simulations on PEZY-SC Processors
3. 学会等名 The 20th International Conference on Computational Science and its Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 Recent Progress of the Core-collapse Supernova Simulations under axisymmetry with the Boltzmann-radiation-hydrodynamics code
3. 学会等名 The Evolution of Massive Stars and Formation of Compact Stars: from the Cradle to the Grave (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 Supernova simulations with the Boltzmann Neutrino Transport (C02 theory report)
3. 学会等名 Joint symposium of MEXT innovative area x KONAN GAKUEN 100th Anniversary International Scientific Symposium Series Sponsored by The Hirao Taro Foundation of KONAN GAKUEN for Academic Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 Boltzmann-radiation-hydrodynamics simulations of the stellar core-collapse under axisymmetry - status report of group C02 of GW-genesis- (part 2)
3. 学会等名 Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 Neutrino Distributions for a Rotating Core-collapse Supernova with a Boltzmann-neutrino-transport
3. 学会等名 TAUP2019 - 16th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 Multi-dimensional core-collapse supernova simulations with the Boltzmann-radiation-hydrodynamics code
3. 学会等名 MICRA2019 - Microphysics In Computational Relativistic Astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 Stellar core-collapse simulations with the Boltzmann-radiation-hydrodynamics code under axisymmetry
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG15) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 Neutrino Distributions for a Rotating Core-collapse Supernova with a Boltzmann-neutrino-transport
3. 学会等名 F.O.E. Fifty-One Erg 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 超新星のボルツマン輻射流体計算で探る核物質状態方程式の影響
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 超新星爆発のニュートリノ加熱メカニズム
3. 学会等名 第一回地下宇宙若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 超新星爆発の軸対称ボルツマン輻射流体シミュレーション
3. 学会等名 シミュレーションによる宇宙の基本法則と進化の解明に向けて (QUCS 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 ボルツマン輻射流体コードによる軸対称超新星爆発シミュレーション
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学研究会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 Core-collapse Supernova Simulations with the Boltzmann-radiation-hydrodynamics
3. 学会等名 宇宙線研究所共同利用小研究会「高エネルギー突発現象の多波長・多粒子観測と理論」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 ボルツマン輻射流体コードによる軸対称超新星爆発シミュレーション
3. 学会等名 新学術「地下宇宙」第6回超新星ニュートリノ研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 超新星のボルツマン輻射流体シミュレーションにおけるニュートリノ分布
3. 学会等名 第32回理論天文学宇宙物理学懇談会シンポジウム「天文学・宇宙物理学の変遷と新時代の幕開」
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 原田了
2. 発表標題 ボルツマン輻射流体コードを用いた回転大質量星の重力崩壊計算 (hp180111)
3. 学会等名 第6回「京」を中核とするHPCIシステム利用研究課題成果報告会 優秀成果賞受賞課題による成果発表
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohsuke Sumiyoshi
2. 発表標題 Neutrino emission and equation of state in core collapse supernovae
3. 学会等名 MICRA2019 - Microphysics In Computational Relativistic Astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohsuke Sumiyoshi
2. 発表標題 Core collapse supernova simulations with full Boltzmann transport-status report of group C02 of GW-genesis- (part 1)
3. 学会等名 Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 超新星物質とニュートリノ
3. 学会等名 京都大学基礎物理学研究所高塚さんを偲ぶ研究会 高密度ハドロン・クォーク物質の諸相と中性子星の構造・進化 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 原子核から超新星爆発の世界を探る
3. 学会等名 2019年度四国地区理論物理学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 超新星爆発の世界を探る ～原子核から星まで～
3. 学会等名 東北大学理学部物理学科公開講演会物理科学の最前線（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideo Matsufuru
2. 発表標題 Acceleration of the spherically symmetric Boltzmann equation for supernova explosion simulation on GPU, Pezy-SC, and SX-Aurora
3. 学会等名 4M-COCOS - Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松古栄夫
2. 発表標題 超新星爆発シミュレーションのための球対称ボルツマン方程式のGPU, Pezy-SC, SX-Auroraによる高速化
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松古栄夫
2. 発表標題 SX-Aurora を使ってみた
3. 学会等名 第6回 High Performance Computing Physics (HPC-Phys) 勉強会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松古栄夫
2. 発表標題 多次元ボルツマン方程式解法のメニーコア及びベクトル計算機による高速化
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Prospects for a Gd-loaded Super-K
3. 学会等名 Prospects of Neutrino Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Supernova Neutrinos in a Gd-loaded SK
3. 学会等名 16th Baksan School on Astroparticle Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Chasing Neutrinos Around the World
3. 学会等名 SN neutrinos at the crossroads (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 SN Neutrinos Without the Annoying Wait
3. 学会等名 Institute for Basic Science Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Chasing Neutrinos Around the World
3. 学会等名 Institute for Basic Science Colloquium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Supernova Neutrinos in a Gd-loaded SK
3. 学会等名 NuPhys 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Supernova Explosions and Neutrinos
3. 学会等名 Neutrino Physics: past, present, and future (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Supernova Explosions and Neutrinos
3. 学会等名 Makuhari International School guest speaker (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Lluís Martí
2. 発表標題 SuperK-Gd: benefits and outline
3. 学会等名 IEEE NPSS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Koshio
2. 発表標題 Status of SK-Gd
3. 学会等名 Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lluís Martí
2. 発表標題 EGADS as a real-time galactic supernova detector: HEIMDALL
3. 学会等名 Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lluís Martí
2. 発表標題 SuperK-Gd: the Gd future of Super-Kamiokande
3. 学会等名 ICRC2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Nakahata
2. 発表標題 Supernova Neutrino Detection
3. 学会等名 Supernova Neutrinos in the Multi-Messenger Era, SNEWS2.0 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Nakahata
2. 発表標題 20 Years of Super-Kamiokande and Gd New Era
3. 学会等名 the 27th International Workshop on Weak Interactions and Neutrinos (WIN2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Nakahata
2. 発表標題 Detection of supernova neutrinos at Super-Kamiokande
3. 学会等名 The sixth Astrophysical Multimessenger Observatory Network (AMON) Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohsuke Sumiyoshi
2. 発表標題 Explosion mechanism, Deciphering multi-Dimensional nature of core-collapse SuperNovae via Gravitational-Wave and neutrino signatures
3. 学会等名 SNeGW2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideo Matsufuru
2. 発表標題 Simulation of Supernova Explosion Accelerated on GPU: Spherically Symmetric Neutrino-Radiation Hydrodynamic
3. 学会等名 The 18th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideo Matsufuru
2. 発表標題 Simulations of Core Collapse Supernova Explosion on PEZY-SC Processors and GPUs
3. 学会等名 International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (ICCES 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Suzuki, S. Chiba, K. Nakazato, M. Sakuda, T. Yoshida, K. Takahashi and H. Ueda
2. 発表標題 Neutrino-induced Reactions on 16O: Supernova Neutrino Detection and Nucleosynthesis of Light Elements
3. 学会等名 Fifth Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the American Physical Society and The Physical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 C. Xu
2. 発表標題 Search for neutrino signal associated with Gravitational Wave from Binary Neutron-Star merger
3. 学会等名 XVIII International Workshop on Neutrino Telescopes (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 C. Simpson
2. 発表標題 Physics Potential of SK-Gd
3. 学会等名 ICHEP2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 G. Pronost
2. 発表標題 Detecting supernova neutrino bursts with SK-Gd prototype: EGADS
3. 学会等名 Neutrino 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 C. Simpson
2. 発表標題 Pre-Supernova Silicon Burning Neutrinos at Super-Kamiokande
3. 学会等名 Neutrino 2018 ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohsuke Sumiyoshi
2. 発表標題 Studying supernova explosions via their neutrino emissions: C02 progress report from theory
3. 学会等名 The first annual area symposium of the innovative area Gravitational wave physics and astronomy: Genesis ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenichiro Nakazato
2. 発表標題 Neutrinos from Proto-neutron Star Cooling and Nuclear Equation of State: Effects of Coherent Elastic Scattering
3. 学会等名 Physics of Core-Collapse Supernovae and Compact Star Formations ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Gadolinium Loading of Super-Kamiokande
3. 学会等名 4th Theia Workshop ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Supernova Neutrinos Without the Annoying Wait
3. 学会等名 Las Cumbres Observatory Seminar Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 The Myriad Wonders and Challenges of Gadolinium Loading in WC Detectors
3. 学会等名 13th Conference on the Intersections of Particle and Nuclear Physics (CIPANP18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Supernova Neutrinos in Water Cherenkov Detectors: Super-Kamiokande and the Next Steps
3. 学会等名 Core-collapse Supernovae in the Multi-messenger Era (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Supernova Neutrinos in a Gd-loaded Super-Kamiokande
3. 学会等名 Deciphering multi-Dimensional nature of core-collapse SuperNovae via Gravitational-Wave and neutrino signatures (SNeGWv2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohsuke Sumiyoshi
2. 発表標題 Physics of core-collapse supernovae explored by nuclei
3. 学会等名 International School for Strangeness Nuclear Physics (SNP School 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsaku Horiuchi
2. 発表標題 Cross-correlations of gamma-rays with galaxy, cluster and lensing surveys
3. 学会等名 BAM Anisotropic Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsaku Horiuchi
2. 発表標題 The origins of the Galactic Center Excess
3. 学会等名 Dark matter detection and detectability: paradigm confirmation or shift? (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsaku Horiuchi
2. 発表標題 Multi-messenger physics opportunities with core-collapse supernovae
3. 学会等名 Neutrino Oscillation Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsaku Horiuchi
2. 発表標題 Unraveling the origins of the Galactic Center Excess
3. 学会等名 Beyond the BSM (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsaku Horiuchi
2. 発表標題 Diffuse supernova neutrino background physics and predictions
3. 学会等名 Deciphering multi-Dimensional nature of core-collapse SuperNovae via Gravitational-Wave and neutrino signatures (SNeGWv2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsaku Horiuchi
2. 発表標題 Dark matter through gamma-ray cross-correlations with gravitational tracers
3. 学会等名 8th Fermi Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ken'ichiro Nakazato
2. 発表標題 Astrophysical implications of the nuclear symmetry energy
3. 学会等名 8th international symposium on nuclear symmetry energy (NuSYM18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Koshio
2. 発表標題 Super-Kamiokande
3. 学会等名 XVIII International Workshop on Neutrino Telescopes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 C. Simpson
2. 発表標題 Supernova neutrino detections and Super-Kamiokande
3. 学会等名 NuPhys2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakahata
2. 発表標題 NNN2018 Summary
3. 学会等名 NNN2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nakano
2. 発表標題 SK / SK-Gd water system
3. 学会等名 TMEX 2018 WCP (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 L. Labarga
2. 発表標題 Radioactive Contaminations in Precision WC Physics; the SuperK-Gd case
3. 学会等名 TMEX 2018 WCP (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 C. Simpson
2. 発表標題 Pre-Supernova Neutrinos at Super-K with Gadolinium
3. 学会等名 The Physics of Supernova Neutrinos (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 G. Pronost
2. 発表標題 Current status and upgrade of the Super-Kamiokande experiment
3. 学会等名 NuFrontier2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Ikeda
2. 発表標題 Solar neutrino measurements with Super-Kamiokande
3. 学会等名 Neutrino 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Zen and the Art of Gadolinium-Loaded Water Cherenkov Detectors
3. 学会等名 Special Particle Physics Seminar at the University of Pennsylvania (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohsuke Sumiyoshi
2. 発表標題 Numerical studies of core-collapse supernovae: progress toward the first-principles calculations
3. 学会等名 International workshop on Physics of Core-Collapse Supernovae and Compact Star Formations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 対称エネルギーの違いによる超新星シミュレーションへの影響
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松古栄夫
2. 発表標題 睡蓮で超新星爆発
3. 学会等名 ヘテロジニアスメニーコア勉強会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akira Harada
2. 発表標題 The Rotating Core-Collapse Supernova Dynamics and Neutrino Distributions by Full Boltzmann Neutrino Transport
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中里健一郎
2. 発表標題 娘核の励起準位を考慮した酸素との荷電カレント反応による超新星ニュートリノのイベントスペクトル評価
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中里健一郎
2. 発表標題 酸素原子核との荷電カレント反応による超新星ニュートリノの検出
3. 学会等名 第31回 理論懇シンポジウム「宇宙物理の標準理論：未来へ向けての再考
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Ito
2. 発表標題 SK-Gd プロジェクト：SK-Gdの準備状況と将来計画
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 G.Pronost
2. 発表標題 Supernova detection with EGADS
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Okada
2. 発表標題 SK-Gdに向けた硫酸ガドリニウム中の不純物測定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ito
2. 発表標題 SK-Gd プロジェクト：SK-Gdの準備状況と将来計画
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 G.Pronost
2. 発表標題 Radon monitoring in the Kamioka Observatory during the Super-Kamiokande tank opening
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Takahira
2. 発表標題 SK-Gd プロジェクト : EGADS検出器較正
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 L. Marti
2. 発表標題 SK-Gd project : EGADS as galactic supernova detector
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 超新星爆発と状態方程式の現状と課題
3. 学会等名 研究会「中性子星核物質」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 住吉光介; 松古栄夫
2. 発表標題 球対称ニュートリノ輻射流体計算による超新星研究の進展
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中里健一郎, 鈴木英之, 富樫甫
2. 発表標題 原始中性子星からのニュートリノ放出における原子核物質の影響
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤陽
2. 発表標題 Super-K Gd プロジェクト: 硫酸ガドリニウムに含まれる放射性不純物の低減
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤慎太郎
2. 発表標題 SK-Gd のための放射生不純物の測定
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 C02: Investigation of Supernova Mechanism via Neutrinos
3. 学会等名 GW Genesis 2nd Annual Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mark Vagins
2. 発表標題 Preparing for a Gd-loaded Super-K
3. 学会等名 Revealing the History of the Universe with Underground Particle and Nuclear Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohsuke Sumiyoshi
2. 発表標題 Hot dense matter in core-collapse supernovae and heavy ion collisions
3. 学会等名 The 52th Reimei Workshop Experimental and Theoretical Hadron Physics: Recent Exciting Developments (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 ボルツマン方程式による超新星のシミュレーション計算
3. 学会等名 第1回 High Performance Computing Physics (HPC-Phys) 勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 住吉光介
2. 発表標題 Sn法によるニュートリノ粒子輸送と超新星
3. 学会等名 2018年度核データ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsaku Horiuchi
2. 発表標題 Diffuse supernova neutrino background predictions and discovery potential
3. 学会等名 第32回ニュートリノ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田章一
2. 発表標題 大質量星の一生：その多次的側面
3. 学会等名 宇宙の物質進化と元素合成30年の歩みとこれから (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中里健一郎
2. 発表標題 背景ニュートリノとブラックホール
3. 学会等名 第32回 ニュートリノ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ito
2. 発表標題 ICP-MS measurement
3. 学会等名 Physics of Fundamental Interactions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakahata
2. 発表標題 Results and prospects of underground physics research in Japan
3. 学会等名 International Session-Conference of SNP PSD RAS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakahata
2. 発表標題 30 years after SN1987A
3. 学会等名 WIN2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 L. Marti
2. 発表標題 SK-Gd
3. 学会等名 ICRC2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Ito
2. 発表標題 RI background reduction for SK-Gd
3. 学会等名 ICRC2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakahata
2. 発表標題 SN1987A and its heritage
3. 学会等名 Recent Development in Neutrino Physics and Astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 L. Marti
2. 発表標題 Super-K Gd Project : DAQ and electronics update
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Ito
2. 発表標題 SK-Gd プロジェクト：放射性不純物の測定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakahata
2. 発表標題 Observation of supernova neutrinos - past and now -
3. 学会等名 Kavli IPMU 10th anniversary symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Nakahata
2. 発表標題 Neutrino Physics at Kamioka
3. 学会等名 IBS conference on dark world (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Kato
2. 発表標題 Super-K Gd プロジェクト：硫酸ガドリニウムに含まれる放射性不純物の低減
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Ito
2. 発表標題 SK-Gd のための放射生不純物の測定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 住吉 光介、須藤 彰三、岡 真	4. 発行年 2018年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 218
3. 書名 原子核から読み解く超新星爆発の世界	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-



## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松古 栄夫  (Matsufuru Hideo)  (10373185)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・計算科学センター・助教    (82118)	
研究分担者	住吉 光介  (Sumiyoshi Kosuke)  (30280720)	沼津工業高等専門学校・教養科・教授    (53801)	
研究分担者	小汐 由介  (Koshio Yusuke)  (80292960)	岡山大学・自然科学学域・准教授    (15301)	
研究分担者	原田 了  (Harada Ryo)  (80844795)	国立研究開発法人理化学研究所・数理解造プログラム・基礎科学特別研究員    (82401)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 Deciphering multi-Dimensional nature of core-collapse SuperNovae via Gravitational-Wave and neutrino signatures (SNeGW2018)	開催年 2018年～2018年
---	--------------------

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
スペイン	University Autonoma Madrid			
カナダ	University of British Columbia	University of Toronto	TRIUMF	他1機関
米国	Boston University	University of California, Irvine	California State University	他3機関
韓国	Chonnam National University	GIST	Sungkyunkwan University	他2機関
英国	Imperial College London	University of Sheffield	University of Liverpool	他2機関